

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 T 13/20		H 0 1 T 13/20	B 4 E 0 6 8
			E 5 G 0 5 9
B 2 3 K 26/00	3 1 0	B 2 3 K 26/00	3 1 0 N
H 0 1 T 21/02		H 0 1 T 21/02	

審査請求 有 請求項の数10 O L （全 13 頁）

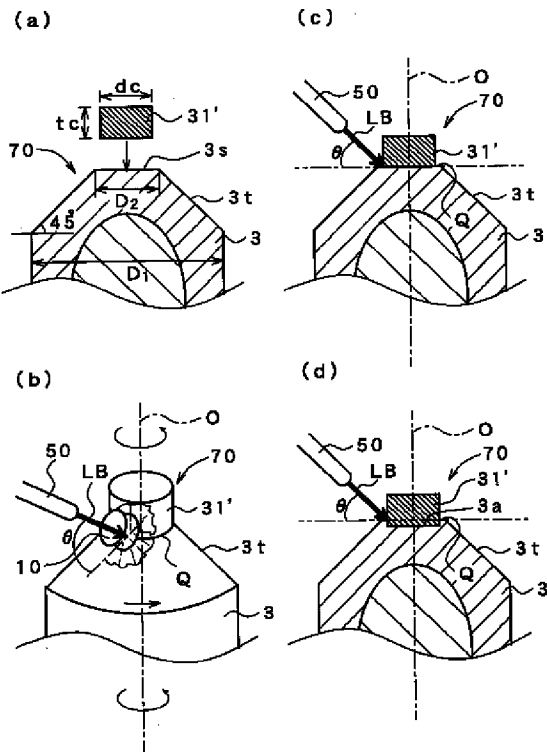
(21)出願番号	特願平11－140751	(71)出願人	000004547 日本特殊陶業株式会社 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号
(22)出願日	平成11年 5 月20日 (1999. 5. 20)	(72)発明者	松谷 渉 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日 本特殊陶業株式会社内
(31)優先権主張番号	特願平11－124131	(74)代理人	100095751 弁理士 菅原 正倫
(32)優先日	平成11年 4 月30日 (1999. 4. 30)	Fターム(参考)	4E068 BE00 CA01 CA03 CA04 CA09 CA14 DA02 DB05 5G059 CC02 DD02 DD11
(33)優先権主張国	日本（J P）		

(54) 【発明の名称】 スパークプラグの製造方法及びスパークプラグ

(57) 【要約】

【課題】 貴金属チップを電極に溶接する工程の能率を大幅に向上でき、しかも均一な溶接部を得ることができるスパークプラグの製造方法を提供する。

【解決手段】 N i 又は F e を主成分とする耐熱合金にて構成される中心電極3のチップ被固着面に対し貴金属チップ3 1′を重ね合わせて重ね合せ組立体7 0を作る。その重ね合せ組立体7 0に対し、貴金属チップ3 1′とチップ被固着面形成部位とにまたがる全周レーザー溶接部1 0をチップ外周面に沿って形成することにより、貴金属チップ3 1′をチップ被固着面に固着して貴金属発火部3 1となす。そして、外周最大寸法d maxが2. 0 mm未満であり、かつ貴金属チップ3 1′の厚さ方向において放電面に到達しない全周レーザー溶接部1 0を形成するために、レーザー溶接の光源として1パルス当りのエネルギーが2～6 J、パルス長が1～1 0ミリ秒、パルス発生周波数が2～2 0パルス／秒のパルス状レーザー光源5 0を使用する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 中心電極と、その中心電極の先端面に自身の側面が対向するように配置された接地電極とを備え、火花放電ギャップに対応する位置においてそれら中心電極と接地電極との少なくとも一方に、貴金属チップを溶接することにより放電面を有する貴金属発火部を形成したスパークプラグの製造方法であって、前記中心電極及び／又は前記接地電極の、少なくともチップ被固着面形成部位をNi又はFeを主成分とする耐熱合金にて構成し、そのチップ被固着面に対し貴金属チップを重ね合わせて重ね合せ組立体を作り、その重ね合せ組立体に対し、前記貴金属チップと前記チップ被固着面形成部位とにまたがる全周レーザー溶接部をチップ外周面に沿って形成することにより、該貴金属チップを前記チップ被固着面に固着するとともに、前記貴金属チップの前記チップ被固着面への重ね合せ方向において平面視したときの外周最大寸法 d_{max} が2.0mm未満であり、かつ前記貴金属チップの厚さ方向において前記放電面に到達しない全周レーザー溶接部を形成するために、レーザー溶接の光源として1パルス当りのエネルギーが1.5～6J、パルス長が1～10ミリ秒、パルス発生周波数が2～20パルス／秒のパルス状レーザー光源を使用することを特徴とするスパークプラグの製造方法。

【請求項2】 前記貴金属チップの前記チップ被固着面への重ね合せ方向における、前記全周レーザー溶接部の最小幅 l_{min} と最大幅 l_{max} との比 l_{min}/l_{max} が0.7以上となるようにする請求項1記載のスパークプラグの製造方法。

【請求項3】 前記全周レーザー溶接部の前記外周最大寸法 d_{max} が0.4mm以上である請求項1又は2に記載のスパークプラグの製造方法。

【請求項4】 チップ被固着面形成部位を形成する前記耐熱合金として、800℃における熱伝導率が30W/m・K以下のものが使用される請求項1ないし3のいずれかに記載のスパークプラグの製造方法。

【請求項5】 前記貴金属チップは円板状に形成され、該貴金属チップと前記中心電極又は前記接地電極との重ね合せ組立体を、前記レーザー光源に対しチップ中心軸線周りに対して相対的に回転させながら、チップ外周面に向けてパルス状レーザー光を照射する請求項1ないし4のいずれかに記載のスパークプラグの製造方法。

【請求項6】 前記全周レーザー溶接部の前記外周最大寸法を d_{max} （単位：mm）として、前記重ね合せ組立体と前記レーザー光源との相対回転速度が10rpm以上であり、かつ前記重ね合せ組立体の回転速度が $5\pi(2/d_{max})^{1/2}$ （単位：ラジアン／秒）未満である請求項5記載のスパークプラグの製造方法。

【請求項7】 レーザー光スポット内に前記チップ被固着面と前記チップ外周面との交差線が入り、かつ前記チ

ップ被固着面に対する照射角度 θ が0～60°の範囲となるように前記重ね合せ組立体にパルス状レーザー光を照射する請求項1ないし6のいずれかに記載のスパークプラグの製造方法。

【請求項8】 前記チップ被固着面にチップ外形形状に対応した位置決め用凹部を形成し、その位置決め用凹部に前記貴金属チップを嵌め込んで前記重ね合せ組立体を作り、その凹部の開口周縁とチップ外周面との交差線に向けて前記パルス状レーザー光を照射する請求項7記載のスパークプラグの製造方法。

【請求項9】 前記貴金属チップとして、Pt又はIrのいずれかを主成分とするものが使用される請求項1ないし8のいずれかに記載のスパークプラグの製造方法。

【請求項10】 中心電極と、その中心電極の先端面に自身の側面が対向するように配置された接地電極とを備え、火花放電ギャップに対応する位置においてそれら中心電極と接地電極との少なくとも一方に、貴金属チップを溶接することにより放電面を有する貴金属発火部が形成されており、前記中心電極及び／又は前記接地電極の、少なくともチップ被固着面形成部位がNi又はFeを主成分とする耐熱合金にて構成され、そのチップ被固着面に重ね合わされた前記貴金属チップと該チップ被固着面形成部位とにまたがる形で全周レーザー溶接部がチップ外周面に沿って形成されており、かつ、その全周レーザー溶接部は、前記貴金属チップの放電面側において平面視したときのその外周最大寸法 d_{max} が2.0mm未満であって、前記貴金属チップの厚さ方向において前記放電面に到達せず、かつ貴金属チップの前記チップ被固着面への重ね合せ方向における最小幅 l_{min} と最大幅 l_{max} との比 l_{min}/l_{max} が0.7以上であることを特徴とするスパークプラグ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はスパークプラグの製造方法及びスパークプラグに関する。

【0002】

【従来の技術】内燃機関の点火用に使用されるスパークプラグにおいては、近年、耐火花消耗性向上のために、電極の先端にPtやIr等を主体とする貴金属チップを溶接して貴金属発火部を形成したタイプのものが使用されている。例えば中心電極の先端面に貴金属チップを接合する場合、その製造方法として、円板状の貴金属チップを中心電極先端に重ね合わせ、中心電極を回転させながら重ね合せ面の外周に沿ってレーザー光を照射することにより、全周レーザー溶接部を形成する方法が提案されている（例えば、特開平6-45050号、特開平10-112374号の各公報）。

【0003】ところで、近年では、内燃機関の高性能化により燃焼室内の温度も高くなる傾向にあり、また着火

性向上のために、スパークプラグの発火部を2.0mm以下に細径化し、さらにこれを燃焼室内部に突き出させるタイプのエンジンも多く使用されるようになってきている。このような苛酷な実機使用環境において貴金属チップの剥離耐久性等を向上するために、IrやPtを主成分とする貴金属チップを、Ni基あるいはFe基の耐熱合金で構成された電極に溶接接合して、貴金属発火部を形成することが行われている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のようなスパークプラグにおける貴金属チップの溶接は、YAGレーザー等によるパルス状レーザー光を用いて行われることが多いが、そのレーザー溶接条件におけるパルス発生周波数は従来0.5パルス/秒以下と低い値に設定されていた。しかしながら、この方式によると、例えば直径0.7mm程度の貴金属チップを溶接するのに延べ15秒近くかかり、レーザー溶接装置1台当りの生産性が極めて悪い問題があった。

【0005】上記のような生産性低下の問題を解決するには、レーザー光のパルス発生周波数を増やすことが有効であるが、本発明者が検討したところ、次のような問題が生ずることがわかった。すなわち、レーザー光のパルス発生周波数を単純に増加させる形で生産性向上を図ろうとすると、電極材料として使用されるNi基あるいはFe基の耐熱合金は熱伝導率が低いため溶接時の熱引きが悪く、特に先端細径の電極の場合は、電極による熱引きがレーザー光1パルス毎の入熱に追いつかなくなる場合がある。その結果、図13に示すように、周方向の溶接部10の後半側ほど温度上昇が激しくなり、後半側の溶接部10sが前半側の溶接部10pよりも溶接部深さが大きくなったり、あるいは溶接部幅1が広がったりするなど、溶接部の不均一化を招きやすい問題がある。また、溶接部10は貴金属チップ材料と電極材料との合金により形成されることから、貴金属チップ単体と比較すると耐火花消耗性に劣る。従って、その溶接部10の深さや幅が極端に大きくなると、貴金属チップの溶接により形成された発火部31の耐久性が著しく低下することにつながる。また、溶接部10の幅1が広がった領域では、極端な場合は溶接部10が放電面31aに露出してしまうこともある。また、たとえ露出していなくとも、発火部31が少し消耗しただけで溶接部10の露出が同様に発生する。一般に貴金属発火部を形成したスパークプラグは、発火部の長寿命化（例えば10～16万km走行に相当するもの）を目的とするものであるが、上記のような問題が発生すると露出した溶接部にて消耗が進行し、比較的短時間で火花放電ギャップが拡大して着火ミス等の不具合を生ずることがある。

【0006】本発明の課題は、貴金属チップを電極に溶接する工程の能率を大幅に向上することができ、しかも均一な溶接部を得ることができるスパークプラグの製造

方法と、従来の方法では実現不能な発火部耐久性を具備したスパークプラグとを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段及び作用・効果】本発明は、中心電極と、その中心電極の先端面に自身の側面が対向するように配置された接地電極とを備え、火花放電ギャップに対応する位置においてそれら中心電極と接地電極との少なくとも一方に、貴金属チップを溶接することにより放電面を有する貴金属発火部を形成したスパークプラグの製造方法に関し、上記の課題を解決するために、中心電極及び／又は接地電極の、少なくともチップ被固着面形成部位をNi又はFeを主成分とする耐熱合金にて構成し、そのチップ被固着面に対し貴金属チップを重ね合わせて重ね合せ組立体を作り、その重ね合せ組立体に対し、貴金属チップとチップ被固着面形成部位とにまたがる全周レーザー溶接部をチップ外周面に沿って形成することにより、該貴金属チップをチップ被固着面に固着するとともに、貴金属チップの放電面側において平面視したときの外周最大寸法 d_{max} が2.0mm未満であり、かつ貴金属チップの厚さ方向において放電面に到達しない全周レーザー溶接部を形成するために、レーザー溶接の光源として1パルス当りのエネルギーが1.5～6J、パルス長が1～10ミリ秒、パルス発生周波数が2～20パルス/秒のパルス状レーザー光源を使用することを特徴とする。

【0008】電極のチップ被固着面形成部位をFeあるいはNiを主成分とする耐熱合金で構成しつつ、外周最大寸法 d_{max} が2.0mm未満の小径の全周レーザー溶接部を形成する場合において、本発明者らが鋭意検討した結果、均一性の高い溶接部を能率よく形成するためには、パルス発生周波数を特有の範囲に設定することが重要であり、かつ、従来あまり着目されていなかったレーザー光の1パルス当りのエネルギーとパルス長に関する条件を特定の値に設定することが重要であることが判明した。そして、その条件設定を前提として、ある特有のパルス周波数範囲に限り、従来の方法よりも高い周波数を採用しても、前記した溶接部の不均一化等の問題を防止しうることを見出し、本発明を完成するに至ったのである。すなわち、レーザー溶接の光源として、1パルス当りのエネルギーが1.5～6J、パルス長が1～10ミリ秒のレーザー光を使用し、かつ従来の方法と比較してはるかに大きいパルス発生周波数である2～20パルス/秒を採用することで、均一性の高い全周溶接部を極めて能率よく形成することができるようになる。

【0009】なお、本明細書において全周レーザー溶接部の外周最大寸法 d_{max} は、図2(b)に示すように、中心電極(3)の中心軸線と直交する平面上に投影したときの、放電面(31a)の幾何学的重心位置をGとし、そのGから全周レーザー溶接部外縁最遠点までの距離を r_{max} として、 $d_{max}=2r_{max}$ にて定義する。

【0010】パルス長が1ミリ秒未満となるか、又は1パルス当りのエネルギーが1.5J未満となった場合は、1パルス当りの入熱量が小さく、溶融部の形成が不十分となる。さらに、1パルス当りのエネルギーが1.5J未満となり、かつパルス長も1ミリ秒未満になった場合は、1パルス当りの入熱量が小さくなり過ぎ、例えばNi基あるいはFe基耐熱合金で電極が構成されている場合、電極の熱引きの影響により該電極がほとんど溶融せず、溶接部を形成することが困難となる。

【0011】一方、1パルス当りのエネルギーが6Jを超えるか、又はパルス長が10ミリ秒を超える場合には、Ni基あるいはFe基の耐熱合金で形成された電極の熱引きが小さいために、レーザー光による入熱が蓄積しやすくなり、溶接部深さや溶接部幅の不均一を招いたり、電極が溶融して変形したりするおそれがある。さらに、1パルス当りのエネルギーが6Jを超え、かつパルス長が10ミリ秒を超えた場合は、溶融される金属が蒸発や飛散を起こしやすくなるため、電極にくぼみや穴等の欠陥が発生しやすくなるおそれがある。

【0012】また、パルス発生周波数が2パルス/秒未満になると、溶接部形成の能率向上が望めなくなり、20パルス/秒を超えるとレーザー光による入熱が蓄積しやすくなり、上記と同様の問題を招く。なお、1パルス当りのエネルギーは、より望ましくは2～5Jとするのがよく、パルス長はより望ましくは1.5～6ミリ秒とするのがよく、さらにパルス発生周波数はより望ましくは2～12パルス/秒とするのがよい。なお、本明細書における1パルス当りのエネルギーは、例えばレーザー溶接を行う前に予め、レーザー光源から発射されたレーザー光をカロリメータあるいはパワーメータ等のエネルギー検出基で受けることにより、単位時間（例えば1秒間）当りのエネルギーを計測し、そのエネルギーを1秒間当りのパルス数で除することにより算出した値を用いる。

【0013】上記の方法を採用することにより、Fe基あるいはNi基の耐熱合金を使用しつつ、外周最大寸法 d_{max} が2.0mm未満の小径の全周レーザー溶接部を形成する場合において、従来の方法では困難であった、以下のような均一なレーザー溶接部、具体的には、貴金属チップのチップ被固着面への重ね合せ方向における、全周レーザー溶接部の最小幅 l_{min} と最大幅 l_{max} との比 l_{min}/l_{max} が0.7以上となるようなレーザー溶接部の形成が可能となる。

【0014】また、本発明のスパークプラグは、中心電極と、その中心電極の先端面に自身の側面が対向するように配置された接地電極とを備え、火花放電ギャップに対応する位置においてそれら中心電極と接地電極との少なくとも一方に、貴金属チップを溶接することにより貴金属発火部が形成されており、中心電極及び/又は接地電極の、少なくともチップ被固着面形成部位がNi又は

Feを主成分とする耐熱合金にて構成され、そのチップ被固着面に重ね合わされた貴金属チップと該チップ被固着面形成部位とにまたがる形で全周レーザー溶接部がチップ外周面に沿って形成されており、かつ、その全周レーザー溶接部は、貴金属チップの放電面側において平面視したときのその外周最大寸法 d_{max} が2.0mm未満であって、貴金属チップの厚さ方向において放電面に到達せず、かつ貴金属チップのチップ被固着面への重ね合せ方向における最小幅 l_{min} と最大幅 l_{max} との比 l_{min}/l_{max} が0.7以上であることを特徴とする。

【0015】 l_{min}/l_{max} を0.7以上とできることは、貴金属発火部の放電面から全周レーザー溶接部の、放電面に対して近い側の縁までの距離の、周方向のばらつきを相応の値に小さく抑制できることを意味する。その結果、例えばレーザー溶接部が広幅となった位置において、貴金属発火部が少し消耗しただけで溶接部の放電面への露出が発生し、スパークプラグの耐久性が低下するといった不具合も、効果的に防止される。なお、本発明の製造方法によれば、溶接条件を適切に設定することで、 l_{min}/l_{max} のさらに望ましい値として、0.9以上を実現することも可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図1に示す本発明の一例たるスパークプラグ100は、筒状の主体金具1、先端部21が突出するようにその主体金具1の内側に嵌め込まれた絶縁体2、先端に形成された貴金属発火部（以下、単に発火部ともいう）31を突出させた状態で絶縁体2の内側に設けられた中心電極3、及び主体金具1に一端が溶接等により結合されるとともに他端側が側方に曲げ返されて、その側面が中心電極3の先端部と対向するように配置された接地電極4等を備えている。また、接地電極4には上記発火部31に対向する貴金属発火部（以下、単に発火部ともいう）32が形成されており、それら発火部31と、対向する発火部32との間の隙間が火花放電ギャップ g とされている。

【0017】なお本明細書でいう「発火部」とは、接合された貴金属チップのうち、溶接による組成変動の影響を受けていない部分（例えば、溶接により接地電極ないし中心電極の材料と合金化した部分を除く残余の部分）を指すものとする。

【0018】絶縁体2は、例えばアルミナあるいは窒化アルミニウム等のセラミック焼結体により構成され、その内部には自身の軸方向に沿って中心電極3を嵌め込むための孔部6を有している。また、主体金具1は、低炭素鋼等の金属により円筒状に形成されており、スパークプラグ100のハウジングを構成するとともに、その外周面には、プラグ100を図示しないエンジンブロックに取り付けるためのねじ部7が形成されている。

【0019】なお、発火部31及び対向する発火部32

のいずれか一方を省略する構成としてもよい。この場合には、発火部31と、発火部を有さない接地電極4の側面との間、又は対向する発火部32と、発火部を有さない中心電極3の先端面との間で火花放電ギャップgが形成されることとなる。

【0020】中心電極3及び接地電極4のチップ被固着面形成部位、この実施例では少なくともその表層部がNi又はFeを主成分とする耐熱合金にて構成されている（なお、本明細書において「主成分」とは、最も重量含有率の高い成分を意味し、必ずしも「50重量%以上を占める成分」を意味するものではない）。Ni又はFeを主成分とする耐熱合金としては、次のようなものが使用可能である。

①Ni基耐熱合金：本明細書では、Niを40～85重量%含有し、残部の主体が、Cr、Co、Mo、W、Nb、Al、Ti及びFeの1種又は2種以上からなる耐熱合金を総称する。具体的には、次のようなものが使用できる（いずれも商品名；なお、合金組成については、文献（改訂3版金属データブック（丸善）；p138）に記載されているので、詳細な説明は行わない）：ASTROLOY、CABOT 214、D-979、HASTELLOY C22、HASTELLOY C276、HASTELLOY G30、HASTELLOY S、HASTELLOY X、HAYNES 230、INCONEL 587、INCONEL 597、INCONEL 600、INCONEL 601、INCONEL 617、INCONEL 625、INCONEL 706、INCONEL 718、INCONEL X750、KSN、M-252、NIMONIC 75、NIMONIC 80A、NIMONIC 90、NIMONIC 105、NIMONIC 115、NIMONIC 263、NIMONIC 942、NIMONIC PE11、NIMONIC PE16、NIMONIC PK33、PYROMET 860、RENE 41、RENE 95、SSS 113MA、UDIMET 400、UDIMET 500、UDIMET 520、UDIMET 630、UDIMET 700、UDIMET 710、UDIMET 720、UNITEP AF2-1 DA6、WASPALLOY。

【0021】②Fe基耐熱合金：本明細書では、Feを20～60重量%含有し、残部の主体が、Cr、Co、Mo、W、Nb、Al、Ti及びNiの1種又は2種以上からなる耐熱合金を総称する。具体的には、次のようなものが使用できる（いずれも商品名；なお、合金組成については、文献（改訂3版金属データブック（丸善）、p138）に記載されているので、詳細な説明は行わない）：A-286、ALLOY 901、DISCALOY、HAYNES 556、INCOLOY 800、INCOLOY 801、INCOLOY 802、INCOLOY 807、INCOLOY 825、INCOLOY 903、INCOLOY 907、INCOLOY 909、N-155、PYROMET CTX-1、PYROMET CTX-3、S-590、V-57、PYROMET CTX-1、16-25-6、17-14CuMo、19-9DL、20-Cb3。

【0022】一方、上記発火部31及び対向する発火部32は、Ir又はPtのいずれかを主成分とする貴金属を主体に構成されている。これらの貴金属の使用により、中心電極の温度が上昇しやすい環境下においても、発火部の耐消耗性を良好なものとすることができる。また、上記のような耐熱合金に対する溶接性も良好であ

る。例えばPtをベースにした貴金属を使用する場合には、Pt単体の他、Pt-Ni合金（例えばPt-1～30重量%Ni合金）、Pt-Ir合金、Pt-Ir-Ni合金等を好適に使用できる。また、Irを主成分とするものとしては、Ir-Pt合金、Ir-Rh合金等を使用できる。

【0023】なお、Ir系の貴金属材料を使用する場合には、元素周期律表の3A族（いわゆる希土類元素）及び4A族（Ti、Zr、Hf）に属する金属元素の酸化物（複合酸化物を含む）を0.1～15重量%の範囲内で含有させることができる。これにより、Ir成分の酸化・揮発を効果的に抑制でき、ひいては発火部の耐火花消耗性を向上させることができる。上記酸化物としてはY₂O₃が好適に使用されるが、このほかにもLa₂O₃、ThO₂、ZrO₂等を好ましく使用することができる。この場合、金属成分はIr合金のほか、Ir単体を使用してもよい。

【0024】中心電極3は先端側が円錐台状のテーパ面3tにより縮径されるとともに、その先端面3sに上記発火部31を構成する合金組成からなる円板状の貴金属チップ31'（図5）を重ね合わせ、さらにその接合面外縁部に沿ってレーザー溶接により全周レーザー溶接部（以下、単に溶接部ともいう）10を形成してこれを固着することにより発火部31が形成される。また、対向する発火部32は、発火部31に対応する位置において接地電極4に貴金属チップ32'（図12）を位置合わせし、その接合面外縁部に沿って同様に溶接部20を形成してこれを固着することにより形成される。これらチップは、所定の組成となるように各合金成分を配合・溶解することにより得られる溶解合金を熱間圧延により板状に加工し、その板材を熱間打抜き加工により所定のチップ形状に打ち抜いて形成したものや、合金を熱間圧延又は熱間鍛造により線状あるいはロッド状の素材に加工した後、これを長さ方向に所定長に切断して形成したものを使用できる。また、アトマイズ法等により球状に成形したものも使用できる。上記チップ31'、32'は、例えば直径dcが0.4～1.2mm、厚さtcが0.5～1.5mmのものを使用する。

【0025】上記の発火部31、32を形成するための溶接方法は概ね同じであるので、以下、中心電極3側の発火部31を中心に、以下に詳しく説明する。図5

(a)に示すように、中心電極3の先端面3sをチップ被固着面として、ここに貴金属チップ31'を重ね合わせて重ね合せ組立体70を作り、その重ね合せ組立体70に対し、貴金属チップ31'とチップ被固着面とにまたがる全周レーザー溶接部10をチップ外周面に沿って形成する。このとき、レーザー溶接の光源として、1パルス当りのエネルギーが1.5～6J、パルス長が1～10ミリ秒、パルス発生周波数が2～20パルス/秒のパルス状レーザー光源（例えばYAGレーザー光源）5

0を使用する。前述の大きさのチップ31'を使用して上記の条件にて形成される全周レーザー溶接部10は、図2に示すように、貴金属チップ31'とチップ被固着面との重ね合わせ方向において平面視したときの外周最大寸法 d_{max} が2.0mm未満であり、かつ貴金属チップ31'の厚さ方向において放電面31aに到達しないものとされる。なお、外周最大寸法 d_{max} は0.4mm以上であることが望ましい。 d_{max} が0.4mm未満になると、レーザー光を相当に絞っても均一な溶接部を形成することが困難になり、正常な発火部形成に支障を来たす場合がある。

【0026】電極素材として使用される前述の各種耐熱合金は、800℃における熱伝導率が概ね30W/m・K以下と小さく、レーザー溶接時に蓄熱しやすい性質がある。しかしながら、1パルス当りのエネルギーが1.5~6J、パルス長が1~10ミリ秒のレーザー光を使用することにより、従来の方法と比較してはるかに大きいパルス発生周波数である2~20パルス/秒を採用しても、均一性の高い全周溶接部10を形成できる。具体的には、貴金属チップのチップ被固着面への重ね合わせ方向、この場合、チップ31'あるいは中心電極3の中心軸線Oの方向における、全周レーザー溶接部10の最小幅 l_{min} と最大幅 l_{max} との比 l_{min}/l_{max} が0.7以上（望ましくは0.9以上）とすることができる。

【0027】なお、図4(a)には、中心軸線Oと同軸の円筒面（放電面31aの外径に等しい直径を有する）にレーザー溶接部10を投影したときの、その投影像の展開図を示しており、上記の l_{min} 及び l_{max} を示している。また、中心軸線Oの方向において、放電面31aの外縁TLからレーザー溶接部10の放電面31aに対して近い側の縁までの最小距離 h_{min} は、TLからレーザー溶接部10の放電面31aに対して近い側の各縁の積分中心線 U_{cm} までの距離を平均発火部厚さ hav として、 h_{min}/hav が同様に0.7以上となっていることが望ましい。これにより、例えば h_{min} となる位置（多くの場合、溶接部10が最も広幅（ l_{max} ）となる位置）において、貴金属発火部が少し消耗しただけで溶接部の放電面への露出が発生し、着火ミス等を生ずる不具合が効果的に防止される。

【0028】溶接部10は、図3(a)に示すように、溶接部10の中心軸線Oを挟んだ両側部分が半径方向においてつながらない場合（この場合、溶接部10はドーナツ状の形態を呈する）は、溶接後においてチップ厚さ t_c を、その軸断面から実測することが可能である。しかし、同図(b)に示すように、半径方向に両側の溶接部がつながってしまう場合（溶接部10は円板状の形態を呈する）は、図4(a)に示すように、溶接部10の幅方向両側縁の積分中心線 U_{cm} 、 L_{cm} の中間位置に基準線CMを設定し、その基準線CMと放電面31aの外縁TLとの距離Hをチップ厚さ t_c として推定する。

【0029】ここで、チップ径 d_c は、スパークプラグに要求される耐久性や着火性能等に応じて、0.4~1.2mmの範囲にて適宜設定されるが、貴金属チップは一般に高価なのでなるべくその使用量を削減するために、その厚さ t_c は前述の通り0.5~1.5mmと比較的小さく設定されるのがよい。また、平均発火部厚さ hav については、0.2~1.0mmとするのがよい。この理由としては、 hav が0.2mm未満になると貴金属発火部が少し消耗しただけで溶接部の放電面への露出が発生し、スパークプラグの耐久性を低下させる場合があるからである。一方、 hav が1.0mmを超えると、ギャップ拡大によりスパークプラグの寿命が到来したときに、貴金属チップが相当量残留した状態にてスパークプラグが交換されることとなるので、無駄が多くなるからである。これを前提とすれば、例えば、溶接後においてもチップ厚さ t_c が確認可能な場合、平均発火部厚さ hav とチップ厚さ t_c に対する比 hav/t_c は、概ね0.13~2.0となっていることが望ましいといえる。ただし、図4(b)に示すように、貴金属チップ31'の放電面と反対側の縁が、溶接部10よりも基端側に突出して位置するような場合にあっては、 hav/t_c が0.2~1.0となっても、寿命到来とは無関係に、その突出部分が全て無駄になってしまう問題を生ずることとなる。

【0030】一方、貴金属チップの中心電極からの耐剥離性を向上させるために、 U_{cm} と L_{cm} との距離を平均溶接部幅 lav として、該 lav を0.4mm以上とすることが望ましい。また、同様の観点において、図4(c)に示すように溶接部の中心軸線を挟んだ両側部分が半径方向においてつながらない場合は、 $t_c - hav$ が0.2mm以上となっていることが望ましい。他方、図4

(d)に示すように、半径方向の両側部分がつながってしまう場合には、中心電極3の軸線方向において、放電面31aから、溶接部10と発火部31との接合面上において溶接部10が最も薄肉となる位置までの寸法を t_{c2} 、同じく溶接部10と中心電極3との接合面上において溶接部10が最も薄肉となる位置までの寸法を t_{c3} として、 $t_{c3} - t_{c2}$ が0.2mm以上となっていることが望ましい。

【0031】以下、本発明において望ましい溶接条件についてさらに詳しく説明する。本実施例のように、貴金属チップ31'が円板状に形成されている場合、図5

(b)に示すように、該貴金属チップ31と中心電極3との重ね合せ組立体70を、レーザー光源50に対しチップ中心軸線Oの周りにおいて相対的に回転させながら、チップ外周面に向けてパルス状レーザー光LBを照射する方法が、上記のような全周レーザー溶接部を均一に形成する方法として合理的である。この場合、組立体70又はレーザー光源50の一方のみを回転させるようにしてもよいし、双方ともに（例えば互いに逆方向に）

回転させることも可能である。

【0032】この場合、その回転速度は以下のように調整することが望ましい。まず、重ね合せ組立体70とレーザー光源50との相対回転速度は、レーザー光源50を1つのみを使用する場合は、10rpm以上（望ましくは12rpm以上）とするのがよい。全周溶接を行うためには、組立体70とレーザー光源50とを最低1周分は相対回転させなければならないが、その相対回転速度が10rpm未満になると、1周分の溶接時間ひいては1個のスパークプラグを製造するためのピースタイムが長くなり、従来方法に対して必ずしも優位性を生ずるものとはなくなる場合がある。

【0033】ただし、図6あるいは図7のように、チップ31'の周方向に所定の間隔で複数のレーザー光源を配して溶接を行えば、溶接完了するまでの回転数をさらに減ずることができ、ひいては上記の相対回転速度の下限値をさらに引き下げることができる場合がある。例えば、図6のように、略180°間隔で配置した2つのレーザー光源50a及び50bにより溶接を行えば、各レーザー光源50a及び50bが略半周分に対応する溶接部10a、10bを各々分担すればよい。また、図7のように、略120°間隔で配置した3つのレーザー光源50a～50cにより溶接を行えば、各レーザー光源50a～50cがそれぞれ略1/3周分に対応する溶接部10a～10cを分担すればよい。

$$V_{\max} = 5\pi (2/d_{\max})^{1/2} \quad (\text{単位: ラジアン/秒}) \cdots \textcircled{1}$$

で定まる値 V_{\max} 未満に設定することが望ましい（ただし、 d_{\max} の単位はmm）。

【0036】上記①式によれば、 d_{\max} が小さくなるほど V_{\max} は大きく取れることになる。例えば、 $d_{\max} = 2.0\text{mm}$ とすれば V_{\max} はおよそ150rpmとなるが、例えば $d_{\max} = 1.5\text{mm}$ では $V_{\max} = 173\text{rpm}$ であり、 $d_{\max} = 0.7\text{mm}$ では $V_{\max} = 253\text{rpm}$ である。例えば、組立体70とレーザー光源50との双方を回転させて、所期の相対回転数を形成する場合、中心電極側の回転速度を増やすことができれば、その分、若干複雑にならざるを得ないレーザー光源50側の機構の回転速度を減ずる（あるいは非回転とする）ことができ、ひいてはレーザー光源50側の機構単純化あるいは回転負担軽減を行うことが可能となる。

【0037】なお、①式によれば、概ね $d_{\max} < 0.78\text{mm}$ では、 V_{\max} は前記した望ましい上限値である240rpmよりも大きくなる。ただし、本発明者の検討によれば、上記のような小径のチップの場合でも、1パルス当り1.5～6Jのエネルギーのレーザー光を用いて周方向に完全に連なる溶接部10を形成するには、1周に対して最低でも5つ分のパルス溶接ビードを形成しなければならない。240rpmは秒速4回転であり、前記したパルス発生周波数の上限値である20パルス/秒を用いても、1秒当りに5パルスがやっと打てる程度

【0034】なお、レーザー光源を複数使用する場合も、各々のレーザー光源が本発明のレーザー溶接条件を満足すればよい。その理由は、以下の通りである。すなわち、複数のレーザー光源（ n 個： $n \geq 2$ ）を用いるにあっては、同時にレーザー光を照射した際のチップ31'における温度上昇は大きくなる。しかし、各レーザー光源は前述したようにチップ31'に対してほぼ $(1/n)$ 周分に対応する溶接部を分担すればよく、単一のレーザー光源を使用する場合と比較して $(1/n)$ の時間で溶接が可能となる。その結果、チップ31'に対する入熱時間が短縮され、各溶接部の幅が粗大化する不具合が生じにくくなる。さらに、このように複数のレーザー光源を用いて同時にレーザー光を照射することにより、溶接時間の短縮を図ることができ、生産効率の向上にも寄与できる。

【0035】一方、相対回転速度の上限値であるが、重ね合せ組立体70を回転させる場合は、溶接時に生ずる溶融金属の遠心力による変形や飛散を防止するために、最大でも240rpm（秒速4回転）程度に留めるのがよい。他方、溶接部10に付加される遠心力は、外周最大寸法 d_{\max} に略比例して大きくなり、回転角速度に対してはその2乗に略比例して大きくなると考えられるので、これを考慮した場合、重ね合せ組立体70の回転速度は、

である。従って、これよりも回転速度が大きくなると、図8（a）に示すように、溶接ビード10dが周方向に間欠形成される形となり、1回転の間に周方向に連なるパルス溶接ビードを形成完了できなくなる場合がある。従って、式①の観点からは240rpmを超える回転速度が可能であっても、やはり240rpm程度に回転速度を留めておいたほうが有利であるともいえる。ただし、2回転目以降の溶接を行うことが許される場合は、図8（b）に示すように、溶接ビード10dの形成角度位相をずらせることにより、周方向に連なる溶接部10を形成することができる。

【0038】他方、レーザー光源50の側を回転させる場合には、レーザー光線の照射位置ブレ等の発生を抑制するために、その回転速度を90rpm以下に設定するのがよい。

【0039】なお、貴金属チップ31'の厚さ t_c が上記のように小さい場合、放電面31aにかからないように溶接部10を形成するために、パルス状レーザー光LBを斜め上方から照射することが有効である。具体的には、図5（b）及び（c）に示すように、レーザー光LBのスポット内にチップ被固着面（この場合、中心電極3の先端面）とチップ外周面との交差縁Qが入り、かつチップ被固着面に対する照射角度 θ が $0^\circ \sim 60^\circ$ の範囲（例えば 45° ）となるように重ね合せ組立体70に

パルス状レーザー光LBを照射することが望ましい。

【0040】次に、貴金属チップ31'のチップ被固着面に対する位置決め固定を行いやすくするために、図5(d)に示すように、チップ外形形状に対応した位置決め用凹部3aをチップ被固着面に形成し、その位置決め用凹部3a内に貴金属チップ31'を嵌め込んで重ね合せ組立体70を作ることできる。この場合、溶接接合を確実に行うには、その凹部3aの開口周縁とチップ外周面との交差縁Qに向けてパルス状レーザー光LBを照射するのがよい。

【0041】他方、図9に示すように、中心電極3のテーパ面3tの先端部に、円筒状の突出部3dを形成し、その平坦な先端面3sをチップ被固着面としてここに貴金属チップ31'を重ね合わせ、チップ被固着面とチップ外周面との交差縁Qに向けてパルス状レーザー光LBを照射するようにしてもよい。図10(a)は、そのようにして製造したスパークプラグの発火部31近傍の拡大斜視図であり、(b)及び(c)は、その縦断面図である。(b)は、溶接部10の中心軸線Oを挟んで両側の部分がつながらない場合、(c)は両部分が半径方向につながる場合の各状態を示している。なお、

(a)'、(b)'、(c)'に示すように、突出部3dの全体を溶融させて溶接部10中に取り込む形状としてもよい。

【0042】また、図11は、接地電極4側の発火部32の形成状態を示すもので、中心電極3側と同様の全周レーザー溶接部20が形成されている。図12(a)に示すように、接地電極4の火花放電ギャップg(図1)に面することが予定された側面をチップ被固着面として、ここに凹部4aを形成し、その凹部4aに貴金属チップ32'を嵌め込み固定する。その状態で、図5等と同様にレーザー光源50を用いて溶接部20の形成を行う。

【0043】なお、表1に、各種材質の貴金属チップを使用して各種dmaxの溶接部を形成する場合の、望ましいレーザー溶接条件(1パルス当りのエネルギー、パルス長、パルス発生周波数、レーザー光源と重ね合せ組立体との相対回転数(ただし、レーザー光源数は1))の例を示す。

【0044】

【表1】

dmax (mm)	貴金属チップ組成 (wt%)	レーザー光線エネルギー (J/パルス)	パルス長 (ミリ秒)	パルス発生周波数 (パルス/秒)	相対回転数 (rpm)
1.1	Pt-10Ir, Pt-20Ir	2	2	12	60
0.5	Ir, Ir-5Rh, Ir-5Pt Ir-10Rh, Ir-20Rh	2	2	9	60
1.9	Ir-5Pt, Ir-20Rh Ir-10Rh, Ir-Y ₂ O ₃	3	6	3	10

【0045】

【実施例】本発明の効果を確認するために、以下の実験を行った。まず、INCONEL 600を用い、図1に示す形状の中心電極3を作製した。ただし、図5(a)において、基端部外径D1を2.5mm、先端面径D2を1.3mm、テーパ面3tのテーパ角度を45°とした。他方、合金溶解/圧延により作製したPt-20wt%Ir合金板からの打抜き加工により、厚さ0.6~0.8mm、外径0.4~1.5mmの各種寸法の貴金属チップを作製した。

【0046】次に、レーザー光源として、焦点でのビーム径0.4mmの固定YAGレーザー光源を用意し、レ

ーザー出力エネルギー：1.8~3J/パルス、パルス幅2~6ミリ秒、パルス発生周波数1~23パルス/秒の各種条件に設定した。そして、上記の貴金属チップを中心電極3の先端面のうちチップ被固着面として予定される面に重ね合わせ、中心電極3を回転速度60rpmにて1周分だけ回転させながら、図5に示す方式($\theta = 45^\circ$)により、上記のレーザー光源を用いて溶接部10を形成した。溶接終了後、拡大鏡を用いて、形成された溶接部10の最大幅lmaxと最小幅lminとを測定し、 $lmin/lmax \geq 0.9$ のものを優(O)、 $0.9 > lmin/lmax \geq 0.7$ のものを良(Δ)、 $0.7 > lmin/lmax$ のものを不良(\times)として評価を行った。その

結果を表2に示す。

【表2】

【0047】

パルス条件	チップ径 (mm)	チップ厚さ (mm)	PPS dmax	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
6ミリ秒 3J パルス	1.5	0.8	2.0	○	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	1.5	0.8	1.8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	×	×	×
	1.5	0.8	1.6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	×	×	×
2ミリ秒 2J パルス	0.8	0.6	1.4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	×	×
	0.8	0.6	1.2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	×	×
	0.8	0.6	1.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	×	×
	0.8	0.6	0.8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	×	×
	0.8	0.6	0.6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	×	×
2ミリ秒 1.8J パルス	0.4	0.6	0.4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	×	×	×

【0048】このように、本発明の請求項の範囲に属する条件にて溶接を行ったものは、いずれも優又は良の評価が得られていることがわかる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のスパークプラグの一実施例を示す縦断面図及びその要部拡大図。

【図2】図1のスパークプラグの中心電極先端部の拡大斜視図及び先端面側平面図。

【図3】図2の縦断面図及びその変形例の縦断面図。

【図4】全周溶接部の展開説明図。

【図5】図1のスパークプラグの中心電極側発火部の製造工程説明図。

【図6】図5の製造工程の変形例を示す説明図。

【図7】同じく別の変形例を示す説明図。

【図8】同じくさらに別の変形例を示す説明図。

【図9】変形例のスパークプラグの製造工程を説明する図。

【図10】図9の製造工程により製造されるスパークプ

ラグの要部斜視図、その縦断面図及びその変形委を示す縦断面図。

【図11】接地電極側発火部の斜視図。

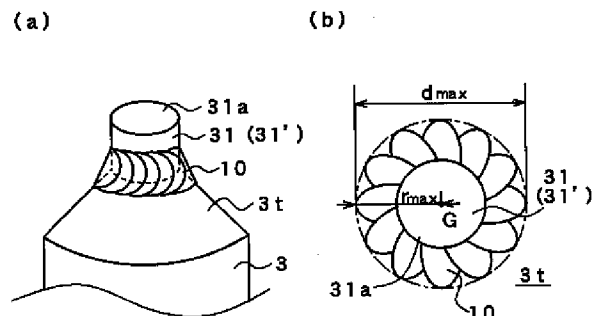
【図12】その製造工程説明図。

【図13】従来の製造方法の問題点を示す説明図。

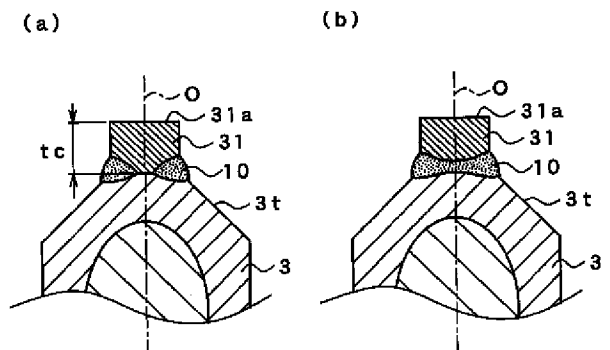
【符号の説明】

- 1 主体金具
- 2 絶縁体
- 3 中心電極
- 3a, 4a 位置決め用凹部
- 4 接地電極
- 10, 20 全周レーザー溶接部
- 31, 32 貴金属発火部
- 31', 32' 貴金属チップ
- 31a, 32a 放電面
- 50 レーザー光源
- 70 重ね合せ組立体
- g 火花放電ギャップ

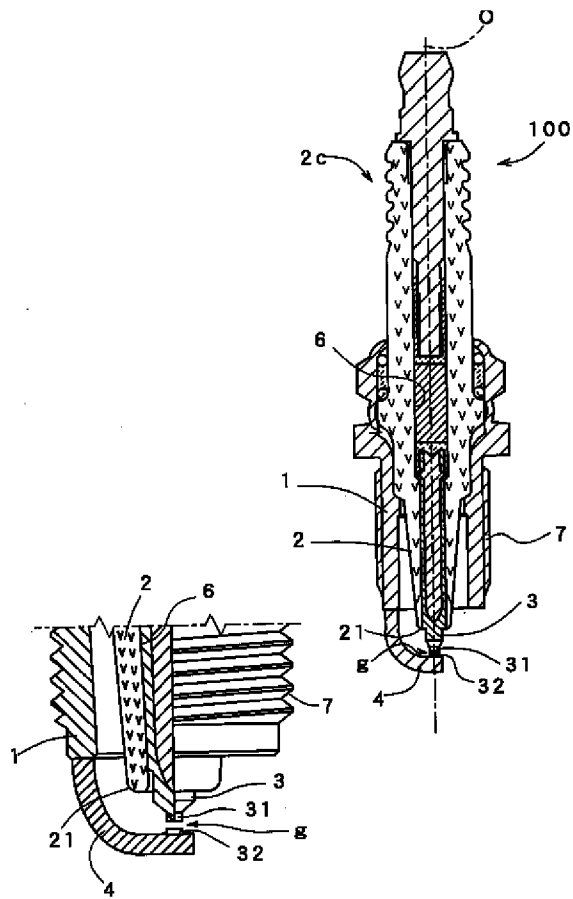
【図2】



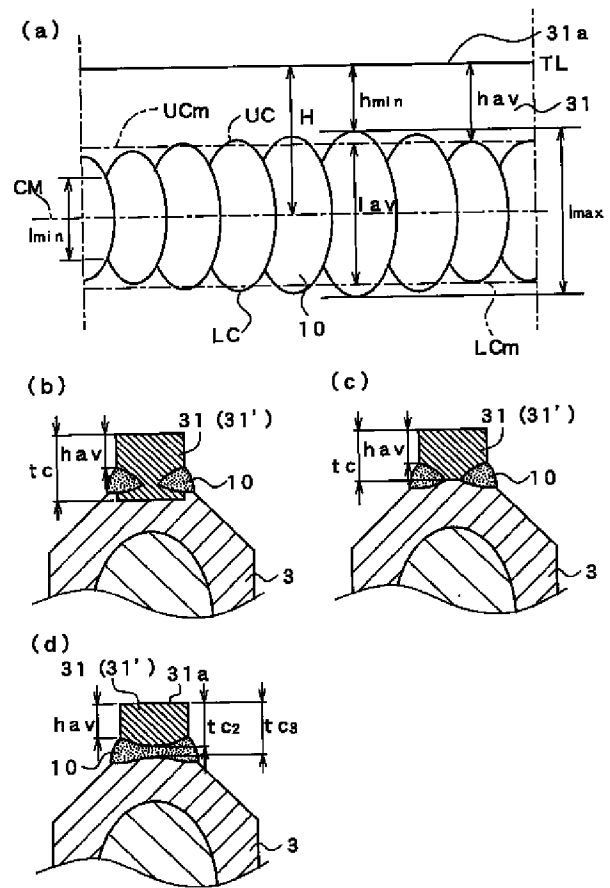
【図3】



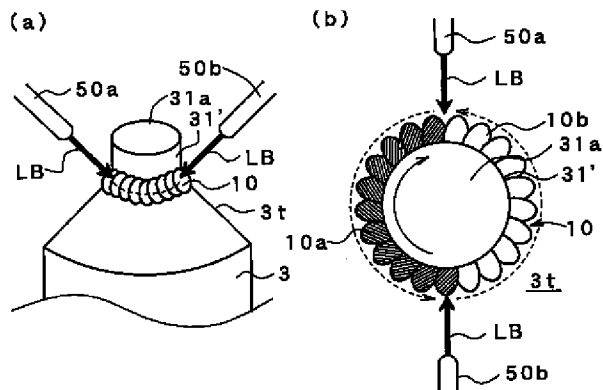
【図1】



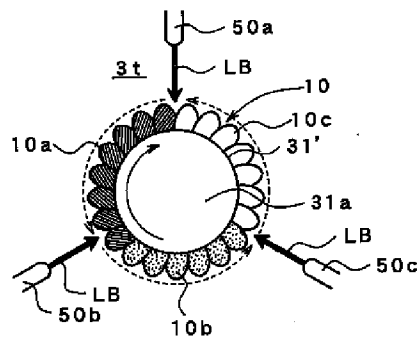
【図4】



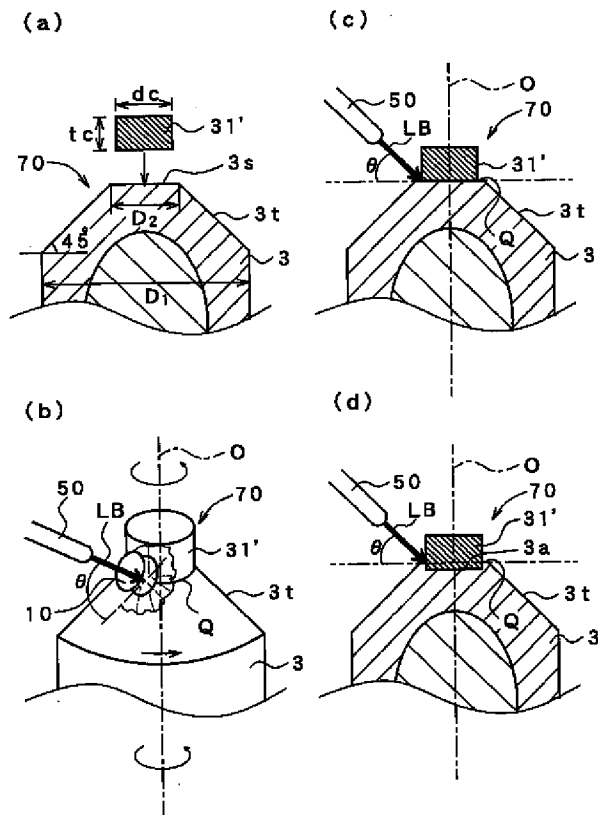
【図6】



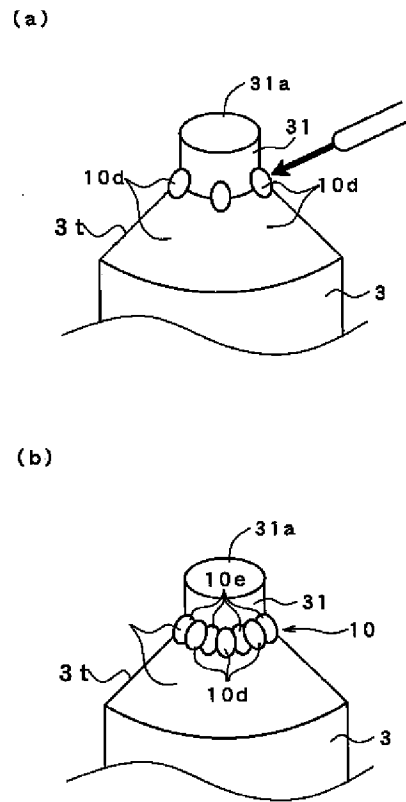
【図7】



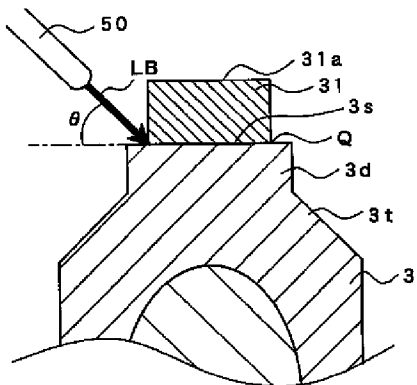
【図5】



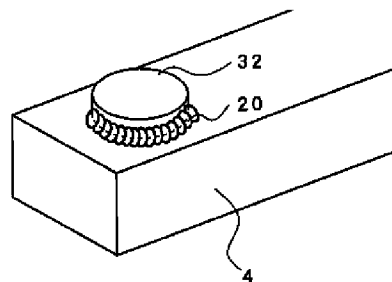
【図8】



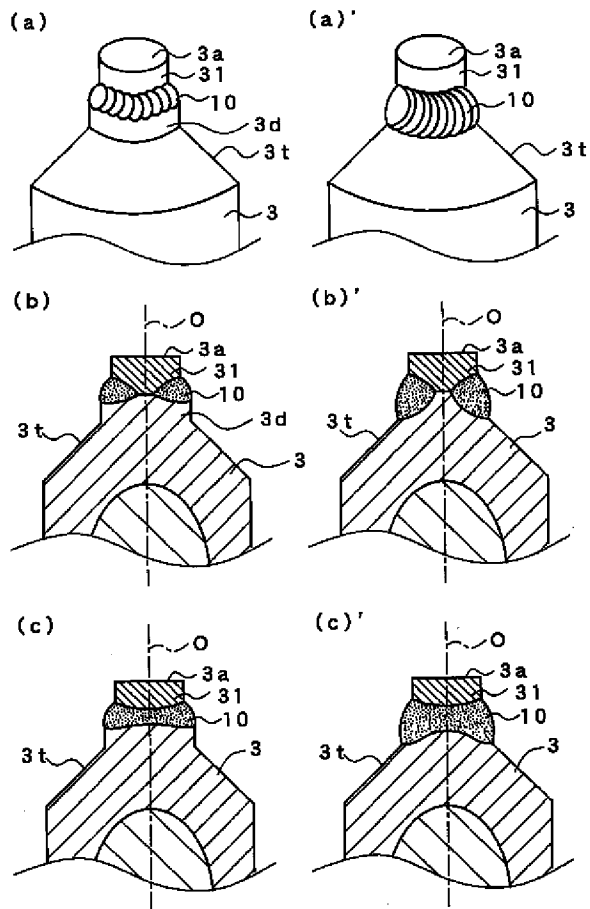
【図9】



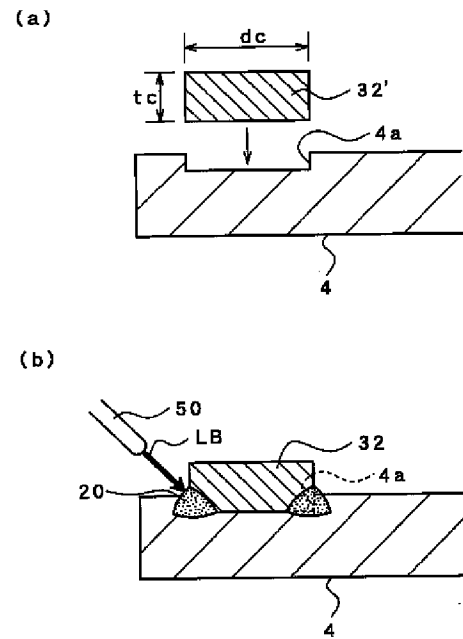
【図11】



【図10】

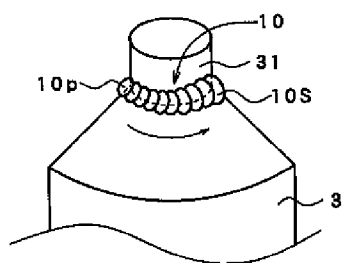


【図12】



【図13】

(a)



(b)

